Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-
Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Prof. Dr. R. Naujoks

FARBBESTIMMUNGEN DER GINGIVA MIT DER DIN-FARBENKARTE DIN 6164

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Klaus Kinzl

aus Solingen

Würzburg, den 17. September 1980

1981

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-
Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Prof. Dr. R. Naujoks

FARBBESTIMMUNGEN DER GINGIVA MIT DER DIN-FARBENKARTE DIN 6164

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Klaus Kinzl

aus Solingen

Würzburg, den 17. September 1980

Referent: Privatdozent Dr. W. Wiedemann

Korreferent: Professor Dr. W. Kühl

Dekan: Professor Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 28. 1. 1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	4
A. Möglichkeiten zur quantitativen Erfassung parodontaler Erkrankungen	4
1. PMA-Index	4
2. Richtlinien für Indizes	5
3. Farbphotos als Hilfsmittel zur Beurteilung des Zahnfleischzustandes	6
B. Die Bedeutung der Farbe und Grundbegriffe der Farbenlehre	7
C. Die Entwicklung von Farbordnungen und ihre praktische Verwendbarkeit	8
D. Die DIN-Farbenkarte DIN 6164	10
1. Entstehungsgeschichte und Grundlagen	10
2. Aufbau und Darstellung	14
3. Bedeutung und Anwendung	17
4. Derzeitige Weiterentwicklung	19
III. METHODIK	20
A. Die kombinierte Anwendung des PMA-Index und der DIN-Farbenkarte DIN 6164	20
B. Versuchsplanung und -durchführung	23
1. Allgemeines	23
2. Standardisierung	24
3. Anwendungsbeispiele	24
IV. ERGEBNISSE	26
A. Zusammenstellung und Beurteilung	26
B. Statistische Bewertung	28
C. Beurteilung der Anwendungsbeispiele	33
D. Zusammenfassung der Ergebnisse	35
V. DISKUSSION	36
VI. ZUSAMMENFASSUNG	41
VII. LITERATURVERZEICHNIS	43

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543527_0024

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Aufgrund der weiten Verbreitung parodontaler Erkrankungen innerhalb der sog. zivilisierten Bevölkerung hat es bisher nicht an Versuchen gefehlt, dafür geeignete Therapien mit den erforderlichen diagnostischen Voraussetzungen zu schaffen.

Es bestehen allerdings erhebliche Schwierigkeiten, eine allgemeingültige Methode zur Erkennung der Erkrankungen am Parodontium zu entwickeln. Die Folge sind stark unterschiedliche Bewertungen, die unter Umständen nicht einmal der Wirklichkeit entsprechen (BELTING (4)).

Bezeichnend für diese Problematik ist die Tatsache, daß z.B. für die Bestimmung des Entzündungszustandes der Gingiva nahezu jeder Untersucher einen eigenen Index aufgestellt hat (HAZEN (27)). Vielfach wird dann dieser Index von demselben Untersucher in einer weiteren Arbeit noch modifiziert. Daraus kann geschlossen werden, daß es keinen allgemein zufriedenstellenden oder idealen Parodontalindex gibt (WIEDEMANN (90)).

Insbesondere sind viele Untersucher nicht in der Lage, ihre Ergebnisse hundertprozentig zu reproduzieren, was vor allem für die Bewertung der gingivalen Entzündung zutrifft (DAVIES et al. (10)). SMITH et al. (85) sahen die Reproduzierbarkeit ihrer Ergebnisse in über 80 % der Fälle schon als großen Erfolg an.

Der Grund ist darin zu sehen, daß diese Indizes auf subjektiven Kriterien basieren. Beispielsweise können die unterschiedlichen Auffassungen bezüglich der ersten pathologischen Veränderungen der Gingiva angeführt werden: während MÜHLEMANN et al. (47,48) das Bluten der marginalen

Gingiva auf vorsichtiges Sondieren als erste Anzeichen einer beginnenden Entzündung ansehen, sind LÖE et al. (41) der Ansicht, daß eine frühe Farbänderung das entscheidende Kriterium ist. Als weiteres Beispiel kann die Bestimmung des Schwellungsgrades der Gingiva als Versuch einer Klassifizierung gelten. COWELL et al. (9) bezeichnen die gesunde Gingiva als flach auslaufend, mit deutlicher Abgrenzung zur Zahnoberfläche. Abweichungen von diesem Erscheinungsbild gelten als Schwellung. Gerade hier wird die subjektive Bewertung der Gingiva deutlich.

Aufgrund der Schwierigkeiten der Beurteilung eines Zahnfleischzustandes wurden zahlreiche Versuche unternommen, objektive Kriterien zu entwickeln. MIERAU et al. (45,46) zogen dafür die Bestimmung des Gingivaturgors heran. HOLM-PEDERSEN und LÖE (31) bestimmten als Kriterium die Fließrate der Sulcus-Flüssigkeit. Beide Verfahren sind allerdings für die Anwendung in der täglichen Praxis zu zeitraubend. MASSLER et al. (43) maßen die Farbintensität der Gingiva auf Farbphotographien. Hier soll zwar eine gute Reproduzierbarkeit gewährleistet sein, allerdings lassen sich kleinste Entzündungsänderungen im Frühstadium noch nicht genügend differenzieren. Der Schwellungszustand der Gingiva wurde einerseits von HOLM und KRAKAU (32) auf der Grundlage der Planimetrie, andererseits von ZULQUAR-NAIN (99) durch Stereophotographie als Kriterium herangezogen. Beide Verfahren erfordern jedoch einen extrem hohen personellen und apparativen Aufwand. WIEDEMANN (90) gelang es mit Hilfe der Photogrammetrie, mit einfacheren Mitteln Berechnungen über den Schwellungszustand der Gingiva anzustellen.

Aus diesen Ausführungen kann geschlossen werden, daß es auf jeden Fall wünschenswert ist, den Zustand der Gingiva durch absolute bzw. objektive Werte beurteilen zu können.

Zumindest sollten einzelne Symptome wie z.B. Rötung, Schwellung oder Ulzeration als Kriterium herangezogen werden. Mit der vorliegenden Arbeit wurde das Ziel angestrebt, eine objektive und reproduzierbare Klassifizierung anhand der Farbe der Gingiva sowohl im gesunden Stadium als auch als Entzündungssymptom "Rötung" mit einer normierten Farbenkarte zu entwickeln. Dabei sollte ebenfalls das Symptom "Schwellung" erfaßt werden, das als ein Entzündungssymptom mit der "Rötung" verbunden ist.

Nach MUTSCHELKNAUS (50) sind alle wesentlichen Merkmale des Entzündungsablaufes (somit also auch "Rötung" und "Schwellung") am parodontalen Weichgewebe zu finden.

Somit besteht die Berechtigung, die Symptome "Rötung" und "Schwellung" als Kriterien für die Beurteilung des Schweregrades einer Gingivitis heranzuziehen.

II. LITERATURÜBERSICHT

A. Möglichkeiten zur quantitativen Erfassung parodontaler Erkrankungen

1. PMA-Index

Indizes in ihrer einfachsten Form geben Durchschnittswerte des Krankheitsbefalls bestimmter Bevölkerungsgruppen an, wobei nur zwischen "krank" oder "gesund" unterschieden wird. Kompliziertere Indizes sind in der Lage, den Schweregrad, d.h. die qualitative Ausprägung einer Erkrankung quantitativ zu erfassen. Sollen Krankheitsbilder (z.B. Parodontopathien), die nur durch einen Symptomenkomplex zu erklären sind, durch Indizes bestimmt werden, muß versucht werden, möglichst viele Einzelheiten des Symptomenkomplexes im Index zu kombinieren, wie es z.B. für Parodontalindizes angestrebt wird (WIEDEMANN (90)).

Die quantitative Klassifizierung der kariösen Läsionen des Gebisses wurden bereits 1938 von KLEIN, PALMER und KNUTSON (35,36) in Form des DMF-Index vorgenommen. Mit dem Ziel, einen ähnlich brauchbaren Index für die Klassifizierung der parodontalen Erkrankung zu schaffen, entwickelten 1949 MASSLER und SCHOUR (44) den PMA-Index. KING (34) hatte zwar schon 1945 einen ähnlichen Gingival-Index veröffentlicht, der sich jedoch als zu ungenau herausstellte. Der PMA-Index berücksichtigt den Zustand der Papille, der marginalen und der angewachsenen Gingiva. MASSLER und SCHOUR gingen von der Voraussetzung aus, daß die Entzündung dabei jeweils an Intensität zunimmt. Sie bezeichnen daher die rein papilläre Entzündung als leichtes Stadium, mit Übergreifen der Entzündung auf die marginale Gingiva als mittleres, mit Einbeziehung der angewachsenen Gingiva

als schweres Stadium der Gingivitis. In dieser Form konnte der PMA-Index erstmalig als brauchbares Instrument zur Einordnung und Untersuchung von Erkrankungen der Gingiva verwendet werden.

An dem PMA-Index in seiner ursprünglichen Form wurde vielfach Kritik geübt. Eine Modifizierung, die von MÜHLEMANN und MAZOR (47) vorgenommen wurde, ist besonders herauszustellen. Die beiden Autoren führten 1958 einen zusätzlichen Entzündungsgrad ein: Grad 1, gesundes Aussehen der Gingiva, jedoch Bluten bei vorsichtigem Sondieren; erst Grad 2 bezeichnet eine Verfärbung des Zahnfleisches. Mit dieser neuen Klassifizierung ergaben die Untersuchungen eine wesentlich höhere Morbidität der Gingiva als mit dem Index in seiner ursprünglich entwickelten Form.

Daraus kann gefolgert werden, daß dieser Index in seiner modifizierten Form exakter und zuverlässiger zu sein scheint.

2. Richtlinien für Indizes

Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, würde man alle Parodontal-Indizes erläutern, die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt entwickelt wurden und zur Anwendung gelangt sind. Erwähnenswert sind jedoch zumindest Index-Methoden, die die Forderungen von GREENE (23) erfüllen. GREENE verlangte 1959, basierend auf den bis dahin gewonnenen Erfahrungen mit dem DMF- und dem PMA-Index, folgende Kriterien für die Entwicklung und Anwendung von Index-Methoden:

1. quantitative Aussagen,
2. einfache Darstellungsmöglichkeit,
3. schnelle und praktische Anwendbarkeit,
4. objektive Reproduzierbarkeit,

5. statistische Bewertbarkeit,
6. Möglichkeit der Handhabung durch nicht speziell geschulte Zahnärzte.

CARTER (8) forderte 1974 von einem aussagekräftigen Index zusätzlich noch Zuverlässigkeit sowie eine Empfindlichkeit, die auch kleinste Veränderungen im pathologischen Bild erfaßt. Als Beispiele für derartige Indizes seien angeführt der Periodontal-Index von RUSSEL (81), der Oral-Hygiene-Index von GREENE und VERMILLION (24) sowie der Plaque-Index von QUIGLEY und HEIN (57).

3. Farbphotos als Hilfsmittel zur Beurteilung eines Zahnfleischzustandes

Photographische Hilfsmittel fanden Eingang in mehrere Methoden zur Bestimmung einer Gingivitis. So kann z.B. die Ausdehnung von Plaques auf Zahnoberflächen nach Anfärbung der Zähne klinisch, d.h. direkt, oder mit Hilfe von Farbphotos, d.h. indirekt, gemessen werden. Diese planimetrischen Plaquebewertungsmethoden sind mit dem Nachteil fehlender Reproduzierbarkeit behaftet. Außerdem sind sie auf die fazialen Zahnflächen beschränkt (VOGELS et al.(87)).

Die Photogrammetrie versucht mit Hilfe von Photos, Lage, Form und Größen eines Objektes quantitativ zu ermitteln (HALLERT (26)). Wie bereits eingangs erwähnt, wurde damit das Symptom Schwellung von HOLM und KRAKAU et al. (32) zusätzlich mit planimetrischen Methoden, von ZULQUAR-NAIN (99) mit Stereophotos bestimmt. WIEDEMANN (90) ist es gelungen, die Photogrammetrie objektiv zur Untersuchung des Schwellungszustandes der Gingiva einzusetzen.

MASSLER et al. (43) hielten Farbphotos zur Bestimmung eines Gingivazustandes für genauso bedeutend wie Röntgen-

aufnahmen für Hartgewebe. Zumindest haben Farbphotos die Vorteile der Dokumentation eines momentanen Zustandes und die Möglichkeit zur Standardisierung (JACKSON (33)).

B. Die Bedeutung der Farbe und Grundbegriffe der Farbenlehre

Über Farben und ihre Bedeutung liegt eine derartig umfangreiche Literatur vor, daß nur die für das Verständnis der vorliegenden Arbeit notwendigen Farbbegriffe erläutert werden können.

In der Medizin nimmt die Farbe einen wichtigen Raum ein. Die Palette reicht von Blau- oder Rotlichtbestrahlung bis zur Farbgestaltung der Praxisräume des Arztes (GÖRSDORF (20)). Im Rahmen der Zahnmedizin sei beispielhaft die Bedeutung für den Zahnersatz (LEMIRE und BURK (40)) erwähnt.

Der Begriff "Farbe" wird im folgenden ausschließlich als Körperfarbe verstanden, die dadurch verursacht wird, daß Materie einen Teil des Lichtes absorbiert, einen anderen remittiert. Die Remission löst einen Farbreiz aus, der vom Auge wahrgenommen wird. Die Weiterverarbeitung des Farbeindrucks im Gehirn des Betrachters endet in der Farbempfindung, die somit das Ergebnis eines physiologischen Prozesses darstellt (KÜPPERS (38,39)).

Diese physiologische Erscheinung der Farbe versucht man mit physikalischen Meßverfahren zu quantifizieren. Das ist das Ziel der "Farbmetrik" (z.B. ARENS (2)), die man als Lehre der Maßbeziehungen der Farben untereinander definieren kann (RICHTER (69)). Der Begriff existiert seit 1920 (SCHRÖDINGER (82) bzw. 1927 (LUTHER (42)). Grundlage waren die von GRASSMANN (22,19) 1853 entwickelten und nach ihm

benannten Gesetze, die besagen, daß jede Farbe nach drei voneinander unabhängigen Richtungen variiert und daher mit drei Faktoren beschrieben werden kann. HICKETHIER (30) spricht von einer Dreidimensionalität der Farbenwelt.

Die einzelnen Wirkungen dieser drei Komponenten, die sich additiv mischen, der Farbreiz, wird als "Farbvalenz" bezeichnet. Gleiche Farbvalenzen führen dann zu gleichen Farbempfindungen. Der Teil der Farbmetrik, der sich mit der Quantifizierbarkeit der Farbvalenzen beschäftigt, nennt sich "Farbvalenzmetrik" (RICHTER (77)).

C. Die Entwicklung von Farbordnungen und ihre praktische Verwendbarkeit

Nach Entdeckung der oben genannten Gesetzmäßigkeiten hat es nicht an Versuchen gefehlt, Farbsysteme zu entwickeln. Hier werden nur die erwähnt, die für die DIN-Farbenkarte von gewisser Bedeutung sind.

Unter einem Farbsystem ist eine systematische Auswahl einer vernünftigen Zahl von Körperfarben aus der Menge der unterscheidbaren Farben (etwa 10^6) zu verstehen (RICHTER (72)). Das System enthält üblicherweise ein Maßsystem und entsprechende Farbtöne in Form eines Farbatlasses.

Während in Deutschland erstmals 1912 die Farbenkarte BAUMANN und PRASE (3) möglichst gleichabständige Farben zum Ziel hatte, versuchte in den USA etwa zur gleichen Zeit RIDGWAY (78) in seiner Farbsammlung zusätzliche valenzmetrische Beziehungen herzustellen.

Sein Atlas gilt als Vorläufer für das vor allem in Deutschland bekannte System von OSTWALD (54,55), in dem versucht

wurde, die empfindungsgemäß gleichen Farbabstände mathematisch zu berechnen (sogenannte "OSTWALD-Maßzahlen").

Das Farbsystem von MUNSELL (49) hat wiederum die Valenzmetrik und annähernd empfindungsgleiche Farbstufen zur Grundlage. In den USA wurde es, nach einigen Verbesserungen (sogenannte "MUNSELL-Neuwerte"), praktisch zur Norm erhoben (NEWHALL et al. (51)).

1931 wurde von der Internationalen Beleuchtungs-Kommission (CIE) ein genormtes valenzmetrisches Bezugssystem geschaffen, dessen Grundlage die additive Mischung von drei Grundfarben war ("Primärvalenzen" lt. Valenzmetrik, nun als "Normvalenzen" oder "Normfarbwerte X,Y,Z" bezeichnet) (vgl. z.B. KÜPPERS (39) oder WYSZECKI (96)). In Deutschland wird es Normfarbtafel oder Normvalenzsystem DIN 5033 (12) genannt. Der Nachteil für seine praktische Anwendung ist die rein mathematische Auslegung und die geringe Anschaulichkeit. Zudem wurde 1976 eine neue Farbtafel CIE-UCS mit verbesserter Farbengleichabständigkeit empfohlen (RICHTER (69)).

Ein System, das nicht auf Farbvalenzen sondern auf Farbstoffen aufbaut, ist das von HICKETHIER (30). Es enthält 1000 Einzelfarben als herausnehmbare Farbtafeln. HICKETHIER nennt Anwendungsmöglichkeiten von der Anstrichtechnik über die Photographie bis zur Medizin (z.B. Augendiagnose, Hautkrankheiten, Zahnfarben). Dies veranlaßte 1955 ZIETZ (98), aus dem Farbatlas von HICKETHIER eine Farbskala für die Gingiva aufzustellen und die Farbproben gemäß dem Normvalenzsystem auszuwerten.

D. Die DIN-Farbenkarte DIN 6164

1. Entstehungsgeschichte und Grundlagen

Bereits 1934 bekundete der Deutsche Normenausschuß (DNA) seine Entschlossenheit, eine normierte Farbenkarte unter Einbeziehung der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse herauszugeben. 1941 begann der gerade gegründete Deutsche Farbausschuß unter dem Vorsitz von RICHTER (66,74) mit dieser Arbeit. Sie wurde 1949 von der Bundesanstalt für Materialprüfung und dem Fachnormenausschuß Farbe (FNF) des DNA in Berlin unter der Leitung von RICHTER (72) fortgeführt. 1952 konnte der Entwurf zum Normblatt DIN 6164 in Form von Durchsichtfarben als Gelantinefilter herausgegeben werden (14). Trotz der Vorteile, die RICHTER (63) in dieser Form sah, verlangte die Praxis eine Farbenkarte in Form von Aufsichtfarben, deren Herausgabe 1962 beendet war (13).

RICHTER (62,68) hatte folgende Forderungen zugrunde gelegt:

1. Die Farbenauswahl soll gesetzmäßig und systematisch sein.
2. Alle Gebiete des Farbenraumes sind gleichmäßig zu erfassen.
3. Die Farben müssen nach international gültigen Maßzahlen (DIN 5033) festgelegt sein und auf dem valenzmetrischen System (und nicht auf Farbstoffen) basieren.
4. Das System muß anschaulich geordnet und auch für Benutzer ohne farbmetrische Kenntnisse leicht zu handhaben sein.
5. Die Konstanz der Farben muß mit einer bestimmten Genauigkeit (Toleranz) gesichert sein.

Die vierte Forderung beinhaltet die Notwendigkeit der Farbkennzeichnung mit solchen Begriffen, die psychologisch bevorzugt werden (RICHTER (62)). Die Anschaulichkeit einer Farbbezeichnung läßt sich am besten durch die drei voneinander unabhängigen Komponenten "Farbton", "Sättigung" und "Helligkeit" bestimmen (RICHTER (72)).

Nach den sogenannten "HELMHOLTZ-Maßzahlen" (RICHTER (69,72)) entspricht der Farbton der entsprechenden Wellenlänge λ_f, die Sättigung der Spektralfarbe mit einer bestimmten Weißzumischung p_f (spektraler Farbanteil) und die Helligkeit bei Körperfarben dem Lichtremissionsgrad β_v (bzw. dem 100fachen von β_v als Hellbezugswert A, der den Bezug auf eine ideale weiße Fläche beinhaltet.
HEIMENDAHL (29) spricht hier von einer "quantitativen Helligkeit", die von einer "qualitativen Helligkeit", d.h. der Eigenhelle einer Farbe (z.B. Gelb ist heller als Blau) zu unterscheiden ist. Den Farbton bezeichnet er als "Buntheit", die Sättigung mit dem Begriff der Farbintensität oder Konzentration des Farbtons.
FRIELING (18) stellt fest, daß der Farbton einer Körperfarbe nicht nur einer Wellenlänge entspricht, sondern einem Wellenlängenband. Die Sättigung bezeichnet er als Buntartigkeit im Verhältnis zum hellen Grau (Unbunt).

Die beiden ersten Forderungen beinhalten das schon in den bereits erwähnten Farbsystemen angestrebte Ziel der empfindungsgemäß gleichabständigen Teilung der Farbreihen.

Die Verwirklichung dieses Prinzips (vgl. BERGER und BROCKES (5)) gelang RICHTER (75) aufgrund umfangreicher psychologischer Tests, bei denen rd. 300 Versuchspersonen aus 120 Farbproben des Farbtonkreises mit gleicher Sättigung und Helligkeit eine gleichabständige 24-stufige Farbtonreihe aufstellten.

Als zweites wurden, ebenfalls in empirischen Versuchen, Farbreihen mit empfindungsgemäß gleicher Sättigung mit Hilfe eines Martens-Photometers (RICHTER (75)) aufgestellt. Damit wurde entsprechend den beiden ersten Forderungen das Prinzip der Gleichwertigkeit zwischen den Farbtonkreisen bezüglich der Sättigung verwirklicht (RICHTER (62)).

Eine gleichwertige Teilung der Helligkeitsreihe wurde nach dem gleichen Prinzip durchgeführt (RICHTER (75)) und bestätigte eine bereits 1936 veröffentlichte Arbeit von KLUGHARDT (37). Der Begriff der Helligkeit wird im System der DIN-Farbenkarte durch den Begriff der "Dunkelstufe D" ersetzt. RICHTER (z.B. 62 und 68) modifizierte dafür eine 1879 von DELBOEUF (11) entwickelte Formel zu:

$$D = 10 - 6{,}1723 \lg (40{,}7\ h + 1).$$

Dabei bedeutet h die Relativhelligkeit nach RÖSCH (79) und bezeichnet das Verhältnis A/A_o, d.h. den Hellbezugswert A einer bestimmten Farbe zum maximalen Hellbezugswert A_o der farbartgleichen Optimalfarbe. Letztere ist die hellstmögliche Körperfarbe dieser Farbart (RICHTER (69)).

Da bei Aufstellung der DIN-Farbenkarte alle Farbproben valenzmetrisch vermessen waren, war eine direkte Beziehung zwischen Farbtonkennzahl T des DIN-Farbsystems und valenzmetrischer Kennzahl n gewährleistet (RICHTER (62)).

Da die Gesamtheit aller Einzelfarben nur in einem räumlichen Gebilde darstellbar ist, läßt sich dafür z.B. der gebirgsähnliche Farbkörper nach LUTHER-NYBERG (42,53) verwenden. RICHTER (62) schlägt eine schematische Vereinfachung dieses Farbkörpers vor, die dem System DIN 6164 besser entspricht. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein kreiselähnliches Gebilde oder einen Sektor aus einer Kugel, wie es die nebenstehende Abb. 1 (entnommen aus RICHTER (65)) zeigt. (Ein Teil des Farbkörpers ist zur Veranschaulichung herausgeschnitten.) Die Teilung der senkrechten Achse entspricht den Dunkelstufen. Unten befindet sich der Schwarz-, oben der Weißpunkt.

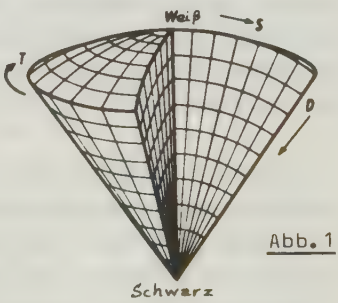

Abb. 1

Die Farben gleichen Farbtons treffen als senkrechte Ebenen alle in dieser Achse zusammen. Zur Veranschaulichung ist ein farbtongleicher Schnitt des Farbkörpers nach LUTHER-NYBERG in Abb. 2 und des DIN-Farbkörpers in Abb. 3 dargestellt.

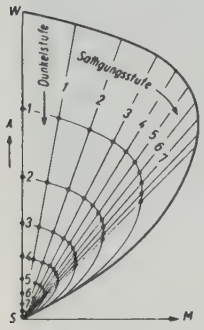

Abb. 2

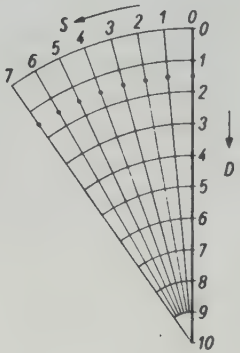

Abb. 3

(Jeweils entnommen aus RICHTER (61))

Ein waagerechter Schnitt durch den Farbkörper zeigt in Abb. 4 die Linien gleicher Sättigungsstufen um die Grauachse (auch Mittelpunktsvalenz genannt). Die dabei mit 1 bis 24 bezeichneten Geraden stellen die senkrecht zur Bildebene gedachten Ebenen gleichen Farbtons dar.
Die Mittelpunktsvalenz wird entsprechend DIN 5033 (12) als Farbart C definiert (Mittelpunktsvalenz C), entsprechend des Bezugs der Farben auf Normlichtart C, einem genormten "künstlichen Tageslicht" (RICHTER (62)).

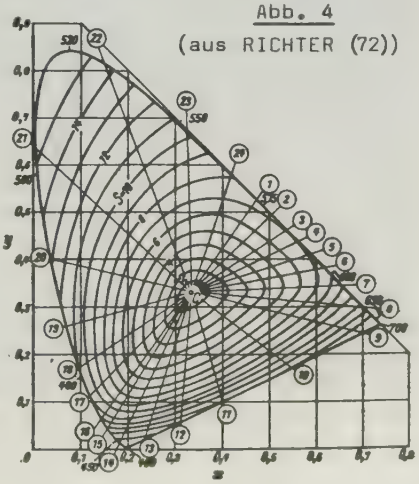

Abb. 4
(aus RICHTER (72))

2. Aufbau und Darstellung

Die Maßgrößen der 1962 komplett herausgegebenen DIN-Farbenkarte (13), die aus 2 Teilen und 25 Beiblättern besteht, sind also Farbton T, Sättigungsstufe S und Dunkelstufe D. Jede Farbprobe wird damit durch drei durch Doppelpunkte getrennte Ziffern beschrieben. So bedeutet z.B. Farbe 8:3:2 (Sprechweise: "acht zu drei zu zwei") DIN 6164, daß eine Farbe des Farbtons T=8, der Sättigungsstufe S=3 und der Dunkelstufe D=2 vorliegt. Normalerweise sollte für die Angabe eines Farbmusters auch ihr Ausgabedatum beigefügt sein. Die ersten beiden Ziffern (z.B. 8:3) bezeichnen die Farbart. Unbunt enthält anstatt der Farbton-Nummer einen Strich, die Sättigungsstufe ist mit Null bezeichnet (z.B. entspricht " -:0:2 " dem Grau der Dunkelstufe 2). Dem vollkommenen Weiß entspricht das Symbol " -:0:0 ", dem Schwarz " -:0:10 ", d.h. es existieren maximal 10 Dunkelstufen.

Jeder der 24 Farbtöne entspricht einem Beiblatt. Die Farbtonfolge beginnt mit Gelb (T=1) gemäß Beiblatt 1 und schreitet entsprechend der Teilung des Farbtonkreises über Rot nach Blau bis Grün (T=24, 24. Beiblatt). Die Sättigungsstufen nehmen jeweils von links nach rechts und die Dunkelstufen von oben nach unten zu. Die unbunten Farben sind im Beiblatt 25 enthalten (RICHTER (65)). Die Beiblätter enthalten die herausnehmbaren Farbmuster (sogenannte "Chips") in der Größe 20 x 28 mm mit einer Einstecklasche von 9 x 15 mm. In der Abb. 5 ist beispielhaft Beiblatt 6 - aus drucktechnischen Gründen nur schwarzweiß - wiedergegeben.

Die gleichmäßige Mattwirkung der Farbmuster wurde folgendermaßen hergestellt. Ein möglichst lichtechter pigmentierter Nitrocelluloselack wird auf die Rückseite einer durchsichtigen, mattierten Folie aus Acetylcellulose aufgetragen. Darauf wird ein weißer Karton aufgepreßt, so daß sich nun

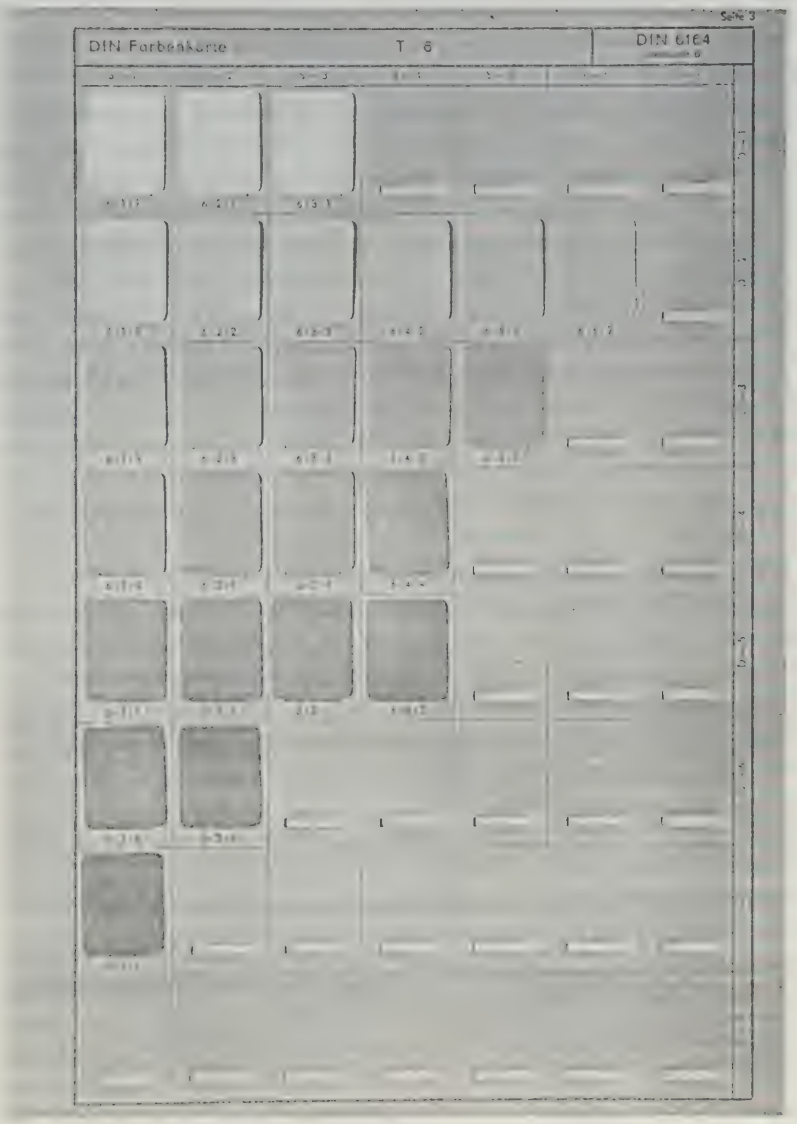

Abb. 5: Beiblatt 6, entnommen aus (13)

der Lack zwischen diesem und der durchsichtigen Folie befindet (QUACK (56)). Die Farbmuster sind trotzdem vor unnötiger Belichtung und chemischer Einwirkung zu schützen, können aber im Falle der Verschmutzung mit einem in Wasser oder Alkohol getränkten Wattebausch abgewischt werden (13).

Jedes Beiblatt bezeichnet die den Farbmustern entsprechenden Farborte mittels eines Schnittes durch den LUTHER-NYBERG-Farbkörper (entsprechend der Abb. 2). Außerdem werden alle im jeweiligen Beiblatt enthaltenen Farbzeichen in einer Tabelle den in Abschnitt C näher erläuterten Normfarbwerten, den MUNSELL-Neuwerten und den OSTWALD-Maßzahlen gegenübergestellt. Untersuchungen über die Umrechnungen zwischen den DIN-Farbmaßzahlen und den anderen Systemen wurden von RICHTER (64,73), WEISE (88) und BUDDE et al. (7) durchgeführt.

Die Notwendigkeit, sich bei der Herstellung der matten Aufsicht-Farbmuster auf solche Pigmente zu beschränken, die ausreichend lichtecht sind, bedingt einen Verzicht auf sehr reine Farben (d.h. solche mit geringer Dunkelstufe bei hoher Sättigungsstufe). Die Grenze dieser Herstellungstechnik bedeutet, daß einige Beiblätter relativ unvollständig bleiben mußten (RICHTER (74)). (Vgl. z.B. Abb. 5).

Eine bestimmte gesuchte, nicht in der DIN-Farbenkarte enthaltene Farbe kann in das System eingeordnet werden, indem man feststellt, zwischen welchen Farbtönen, Sättigungs- und Dunkelstufen sie liegt und sie dann mit entsprechenden Dezimalstellen beschreibt (RICHTER (66)). 1961 veröffentlichte RICHTER (76) eine Arbeit, in der er Tabellen für Zehntelwerte der drei Komponenten aufstellte, die er durch nicht lineare Interpolation gewonnen hatte. Dabei stellt er ebenfalls die mathematische Beziehung zum Normvalenzsystem, zu den MUNSELL-Neuwerten und zu den OSTWALD- und HELMHOLTZ-Maßzahlen her.

3. Bedeutung und Anwendung

Im Vergleich zu den früher oft willkürlich und subjektiv aufgestellten Farbsystemen handelt es sich hier um ein systematisches Werk, daß trotz direkten Bezugs zum Normvalenzsystem nichts an Anschaulichkeit verloren hat (RICHTER (74)). Dabei wird innerhalb der drei Komponenten Farbton, Sättigung und Dunkelstufe das Prinzip der Gleichabständigkeit eingehalten. RICHTER (62) macht damit deutlich, daß es sich um eine "spezifische" Gleichabständigkeit handelt. Wäre sie "absolut", müßte eine Gleichheit in allen Richtungen des Farbenraumes gegeben sein, was bisher nicht verwirklicht werden konnte.

Im Verlangen nach Wirtschaftlichkeit und Mustertreue (z.B. bei Färbungen) wurde gleich bei Aufstellung der DIN-Farbenkarte Wert auf Farbtoleranzen gelegt (RICHTER (61), WEISE (89)). Dies konnte schließlich sogar formelmäßig fixiert werden (z.B. RICHTER (72,74)):

$$\Delta E_{DIN} = \left[\left(\frac{10-D}{9} \cdot \frac{S}{6} \cdot \Delta T \right)^2 + \left(\frac{10-D}{9} \cdot \Delta S \right)^2 + (\Delta D)^2 \right]^{1/2}$$

Dabei kann ΔE_{DIN} als Maß für die Abweichung eines Farbmusters von den Sollwerten DIN 6164 definiert werden (13). Die Ermittlung dieser Farbabstandsformel wurde sogar von RICHTER (71) durch einen von ihm angegebenen Rechenschieber noch vereinfacht.

Aufgrund des Farbabstandsmaßes ist man auch in der Lage, Grenzlehren für Färbungen anzugeben. Da eine gesuchte Farbe vom Sollwert in allen drei Richtungen des Farbenraumes abweichen kann, muß die Grenzlehre ein Raumgebiet umfassen. RICHTER (70) stellte

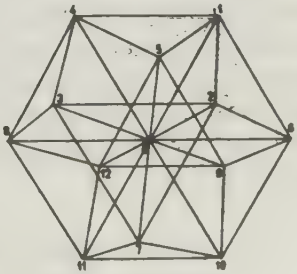

Abb. 6

daher auf der Basis der Theorie des Kubo-Oktaeders von WYSZECKI (97) Grenzmuster-Tafeln für die DIN-Farbenkarte auf. Die obige Abb. 6 (aus RICHTER (72)) zeigt ein Kubo-Oktaeder-Schema mit einer gegebenen Farbe im Mittelpunkt und die sie umgebenen 12 Grenzfarben.

Einen wichtigen Stellenwert nimmt die exakte Definition der Helligkeit durch den Begriff der Dunkelstufe ein, die anschaulich darstellt, inwieweit sich eine Farbart (Farbton mit Sättigung) der idealen hellen Farbe (Optimalfarbe) nähert (RICHTER (74)). Dabei kann die Dunkelstufe nach der bereits angegebenen Formel exakt rechnerisch oder graphisch ermittelt werden. Zur Erleichterung der Rechnung gibt RICHTER (67) eine von ihm zu diesem Zweck entworfene Rechenscheibe an.

Entscheidend ist ebenfalls die Tatsache, daß eine amtliche Kontrolle der Einhaltung der DIN-Norm 6164 vorgenommen wird. Darüber berichtet QUACK (56) ausführlich.

Jeder, der irgendwie mit Farben, Farbgestaltung oder -planung zu tun hat, findet weitere Anwendungsmöglichkeiten der Farbenkarte. Besonders herausgestellt hat REUTHER (58) die Anwendung in der Farbenphotographie. BIESALSKI (6) erarbeitete aus den DIN-Farbzeichen einen Pflanzenfarben-Atlas für Gartenbau, Landwirtschaft und Forstwesen. RICHTER (65) weist, abgesehen von der rein technischen Anwendung, besonders auf die Möglichkeiten der Farbenkarte für den Kunstunterricht in den Schulen, für Graphik oder für Modeschulen hin. Auch KÜPPERS (39) unterstreicht den Vorteil der praktischen Anwendbarkeit für jedermann bei gleichzeitiger exakter mathematischer Grundlage für den Wissenschaftler.

Die vorliegende Arbeit soll den Rahmen der Möglichkeiten durch Anwendung in der Zahnheilkunde noch erweitern.

4. Derzeitige Weiterentwicklung

Der zunehmenden Bedeutung der Farbgestaltung von Industrieprodukten mit glänzender Oberfläche und hoher Farbsättigung und dem Wunsch nach Einzelkarten mit größerer Farbfläche wird mit Herausgabe einer neuen DIN-Farbenkarte entsprochen (WITT (94)). Die Gliederung nach Farbton (in Zukunft "Buntton"), Sättigung und Dunkelstufe wird beibehalten, die Beiblätter werden aber zur Unterscheidung mit der alten DIN-Farbenkarte ab Nr.101 fortlaufend numeriert (WITT et al. (95)).

Die Hochglanzausführung (hergestellt durch Autoreparatur-Acryllack) ermöglicht die Erweiterung der Farbmuster um etwa 50 % und damit eine wesentlich größere Besetzung der Beiblätter (DÖRING (16)). Die Herausgabe von Farbmustern im DIN A 5 Format käme nun z.B. auch NIENSTEDT (52) entgegen, die noch 1975 wegen des Chips-Formats unter anderem die DIN-Farbenkarte für ihre psychologischen Untersuchungen über die Eindruckswirkung von Farben ablehnte.

Inzwischen hatte auch die CIE eine Umstellung des Systems von Normlichtart C auf die besser geeignete Normlichtart D 65 empfohlen. Die Umrechnung wurde gemäß einem Vorschlag nach VON KRIES (93) durchgeführt (WITT (94)).

Mittlerweile liegen auch Vorschläge von RICHTER (59,60), HEIDE (28), GRIESSER (25) und SINDERMANN (84) vor, die Farbmaßzahlen vom Normvalenzsystem in das Farbsystem DIN 6164 und umgekehrt mit Hilfe der EDV umzurechnen. 1979 gibt WITT (92) auf der Grundlage des kubischen Interpolationsverfahrens von RICHTER (59) ein entsprechendes EDV-Programm an.

Somit sind interessante Möglichkeiten von weiteren und effizienteren Anwendungen der DIN-Farbenkarte vorhanden.

III. METHODIK

A. Die kombinierte Anwendung des PMA-Index und der DIN-Farbenkarte DIN 6164

In der vorliegenden Arbeit wurde der von MASSLER und SCHOUR (44) entwickelte PMA-Index in der von MÜHLEMANN und MAZOR (47) modifizierten Form angewandt. Es wurde nach folgenden Kriterien beurteilt:

Grad 0: physiologische, entzündungsfreie Gingiva.

Grad 1: entzündungsfreies Aussehen der Gingiva, jedoch leichtes Bluten (evtl. erst nach einigen Sekunden) nach schonendem Sondieren des Sulcus.

Grad 2: eine entzündliche Veränderung der Papille, der marginalen oder angewachsenen Gingiva ist bereits aufgrund einer Farbveränderung (Rötung, Zyanose) zu sehen; außerdem Bluten nach Sondierung.

Grad 3: zusätzlich zu den Merkmalen des Grades 2 ist eine Schwellung feststellbar, die mit Blutung und Sekretbildung einhergeht.

Grad 4: zusätzlich Ulzeration.

Der Grad 4 wurde bei den Untersuchungen nicht berücksichtigt, da die Farbabstufungen der DIN-Farbenkarte für die Grade 0 bis 3 für ergiebiger gehalten wurden und sich Probleme der Beurteilung eines Zahnfleischzustandes weniger im Grad 4 als in den Graden 0 bis 3 ergeben.

Daneben wurde die neueste komplette Ausgabe der DIN-Farbenkarte DIN 6164 in der Auflage von 1960-62 (13) angewendet (Alleinvertrieb und Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Berlin). Die für die Versuche infrage kommenden Beiblätter (die mögliche Gingiva-Farbtöne enthielten) hatten folgende Auflagen: Beiblatt Nr. 7 und 8 vom Dezember 1961, Nr. 9 vom Dezember 1960, Nr. 10 vom September 1961.

Da aus den obigen Beiblättern insbesondere die sehr dunklen Farbarten für die Versuchszwecke nicht brauchbar waren, wurden diejenigen Chips der Beiblätter 7 bis 10, die möglichen Farben der Gingiva entsprechen könnten, in einem separaten Beiblatt zusammengesteckt. Die Abb. 7 zeigt die entsprechende Anordnung der Farbmuster im zufällig gewählten Beiblatt 12 (aus drucktechnischen Gründen nur in schwarzweiß).

Diese Methode der Farbbestimmung mit genormten Farbmustern bezeichnet RÖSCH (80) als "visuelle Farbmessung". Im Gegensatz dazu sei das "halbvisuelle" oder "Gleichheitsverfahren" erwähnt, bei dem mit bestimmten Apparaten eine neue, der Prüffarbe entsprechende Farbe, aus valenzmetrisch bekannten Farben gemischt wird (SCHULTZE (83)).

Untersucht wurde die Gingiva an den Frontzähnen von 60 Patienten. Eine Beschränkung auf die Frontzähne erschien vertretbar, da nach KING (34) und MASSLER et al. (43) die Parodontalerkrankung im Frontzahngebiet repräsentativ für die des gesamten Gebisses ist.

Das Schwergewicht der Arbeit lag in der Untersuchung von 54 Patienten, an denen jeweils einmal der gerade vorliegende Zahnfleischzustand anhand des PMA-Index und der DIN-Farbenkarte bestimmt wurde. An weiteren 6 Patienten wurden im Anschluß an diese Versuche mehrmals, d.h. in jeweils 3 bis 5 Sitzungen Zahnfleischbestimmungen vorgenommen.

Für die Anwendung der DIN-Farbenkarte ist Normlichtart C (vgl. S. 13) vorgeschrieben. Jedoch werden in der Literatur unterschiedliche Auffassungen vertreten, welches Licht für die Farbbestimmung vorzuziehen ist. KÜPPERS (39) bringt zum Ausdruck, daß normales Tageslicht wegen der naturbedingten Schwankungen unbrauchbar ist, er schlägt Xenon-Licht vor.

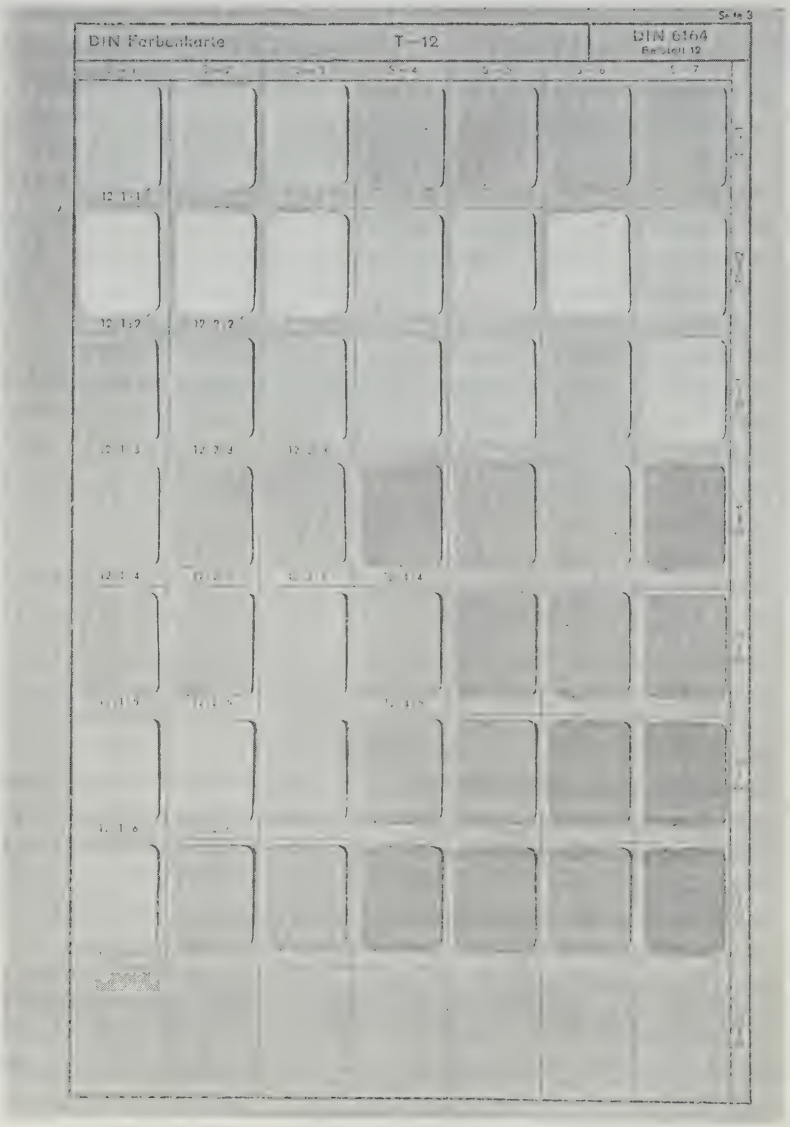

Abb. 7: Zusammenstellung der Farbmuster DIN 6164 zur praktischen Versuchsdurchführung.

Dagegen hält HICKETHIER (30) Tageslicht (ohne direkte Sonnenstrahlen) für die beste Lichtquelle; falls aber Kunstlicht verwendet werden soll, hält auch er Xenon-Licht für das zuverlässigste. Von der Internationalen Beleuchtungskommission wird statt Normlichtart C neuerdings nun D 65 vorgeschlagen (vgl. S. 19).

Als Ausweg aus der Meinungsvielfalt wurde schließlich die entscheidende Forderung angesehen, daß überhaupt eine genormte Lichtquelle zur Verfügung stehen muß (FRIELING (18)). Daher wurde bei den Versuchen zweckmäßigerweise die Beleuchtung des zahnärztlichen Behandlungsstuhls verwendet. Für den ersten Teil stand eine EMDA-Lampe, Typ EPC-D, für den zweiten Teil eine Siemens-Lampe, Typ SIROLUX, zur Verfügung.

B. Versuchsplanung und -durchführung

1. Allgemeines

Als Probanden für die Durchführung der Gingiva-Tests erklärten sich Patienten anläßlich eines normalen "Zahnarztbesuches" bereit. Dabei wurde jeweils die Gingiva der Frontzähne bewertet. Es wurden sowohl einzelne pathologische Papillen als auch die gesamte Gingiva der Frontzähne (gleich ob physiologisch oder pathologisch) untersucht. Dabei wurde aber höchstens ein typischer oder markanter Wert pro Kiefer ermittelt.

Zuerst wurde der PMA-Index ermittelt. Hyperplasien ohne Farbänderungen wurden als "gesund" bezeichnet (d.h. PMA-Index 0 oder 1). Dann wurde aus dem Beiblatt mit den Gingiva-Farbtönen das Farbmuster gesucht, das mit der Farbe der Gingiva übereinstimmte. PMA-Index und die Ziffernfolge

des betreffenden Chips wurde jeweils pro Patient protokolliert.

Während des Tests wurde die Lampe im Abstand von einem Meter möglichst blendarm auf die Gingiva und das Farbmuster gerichtet. Da es sich um matte Aufsichtfarben handelt (vgl. S. 10 und 14 ff), wurde das Zahnfleisch vor der Untersuchung sorgfältig mit Watterollen und Luftbläser getrocknet, um einen korrekten Vergleich von Farbmuster und Gingiva zu gewährleisten.

2. Standardisierung

Im ersten Teil der Arbeit sollte eine Art "Standardprogramm" entwickelt werden; d.h. es sollte festgestellt werden, welche Farben der DIN-Farbenkarte überhaupt infrage kommen und wie sie den Werten des PMA-Index zuzuordnen sind. Jeder der 54 Patienten wurde daher nur einmal untersucht. Unter Berücksichtigung der bezahnten Kiefer ergaben sich 101 Werte.

Bestimmte Kriterien für die Auswahl der Patienten schienen nicht erforderlich zu sein, da sowohl gesund aussehendes als auch pathologisch verändertes Zahnfleisch Gegenstand der Untersuchungen war.

3. Anwendungsbeispiele

Der zweite Teil der Versuche diente der praktischen Anwendung des Farbverfahrens.

6 Patienten mit stark entzündetem Zahnfleisch wurden untersucht und dabei 41 Werte ermittelt. Wiederum wurden PMA- und Farbwert bestimmt. Danach wurde eine sorgfältige Zahnreinigung mittels Ultraschallgerät und Handinstrumenten vorgenommen. Die Patienten wurden zur Intensivierung der häuslichen Mundpflege angehalten. Im Abstand von je einer Woche wurden etwa zwei bis vier weitere Untersuchungen vorgenommen.

Es sollte nachgeprüft werden, inwieweit der nach Zahnfleischtherapie eintretende Besserungszustand der Gingiva mit der DIN-Farbenkarte beurteilt werden kann.

IV. ERGEBNISSE

A. Zusammenstellung und Beurteilung

Die Meßergebnisse der "Standard"-Untersuchung, d.h. der Einzelbestimmungen von PMA-Index und DIN-Farbmuster, sind in Tabelle 1 mit Häufigkeitsangaben zusammengefaßt.

PMA	0 = gesund		1 = Bluten auf Sondierung		2 = Rötung		3 = Schwellung	
DIN 6164	Farbmuster	Häufigkeit	Farbmuster	Häufigkeit	Farbmuster	Häufigkeit	Farbmuster	Häufigkeit
	7:2:2	(3x)						
	8:2:1	(3x)						
	8:2:2	(8x)	8:2:2	(7x)				
	9:2:2	(7x)	9:2:2	(7x)				
		(21x)	7:2:3	(2x)				
			8:3:2	(8x)	8:3:2	(12x)		
			9:3:2	(4x)	9:3:2	(7x)	9:3:2	(2x)
				(28x)	8:2:3	(1x)		
					8:4:2	(4x)	8:4:2	(3x)
					9:2:3	(2x)	9:2:3	(3x)
					9:4:2	(4x)	9:4:2	(2x)
						(30x)	8:3:3	(4x)
							8:4:3	(1x)
							8:5:3	(2x)
							9:3:3	(2x)
							9:4:3	(1x)
							10:2:3	(2x)
								(22x)

Tab. 1: Zusammenstellung der 101 ermittelten Index- bzw. Farbmuster-Werte

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß mit ansteigendem PMA-Index auch die Menge der Farbmuster zunimmt. Während der Grad 0 sich in nur 4 verschiedene Farbmaßzahlen unterteilen läßt, ergeben sich bei Grad 3 immerhin 10 verschiedene Farben. Es zeigt sich damit, daß der PMA-Index zunehmend globaler die feinen Farbunterschiede zusammenfaßt.

Auffällig sind gleiche Farbmaßzahlen bei unterschiedlichen PMA-Indizes, die der besseren Übersicht wegen jeweils in derselben Zeile aufgeführt sind. Außer der Farbmaßzahl 9:3:2 kommen gleiche Werte nur in maximal zwei benachbarten Indizes vor. Sie erscheinen nicht nur in den rein visuell gleichen Graden 0 und 1, sondern auch in den Graden 1 und 2 sowie 2 und 3.

Ebenfalls auffällig sind die entsprechend dem Index 0 bis 3 ansteigenden Ziffern der Farbmaßzahlen. Unterteilt man die Farben in ihre Einzelwerte, so läßt die Tabelle 1 folgendes erkennen. Der Farbton steigt von Ziffer 7 ("rosa") in Grad 0 bis Ziffer 10 ("violett") in Grad 3 an. Steigende mittlere Ziffern bedeuten höhere Sättigung, d.h. die Farben werden intensiver. Auch hier ist eine Steigerung vom Wert 2 (in Index 0) bis zum Wert 5 (in Index 3) feststellbar. Steigende Ziffern der Dunkelstufe zeigen sich im Moment noch nicht so deutlich, da die Palette der Möglichkeiten (mit einer Ausnahme: 8:2:1) nur zwischen den Werten 2 bis 3 schwankt.

Somit kann festgestellt werden, daß sowohl Farbton als auch Sättigung und Dunkelstufe der Farbmaßzahlen nach DIN 6164 bei gesunder Gingiva und leichter Gingivitis (analog einem niedrigen PMA-Index) ihre Entsprechung in relativ kleinen Ziffern, schwere Gingivitis (bei hohem PMA-Index) in relativ großen Ziffern finden.

B. Statistische Bewertung

Mit Hilfe der Statistik soll geprüft werden, ob die im vorigen Abschnitt erläuterten Ergebnisse signifikant sind. Insbesondere ist zu analysieren, ob die Steigerung der einzelnen Ziffern der DIN-Farbzahlen dem PMA-Index, d.h. der zunehmenden Schwere des Krankheitsbildes der Gingiva entspricht.

Es wurden folgende Formeln angewendet (FRANKE (17)):

Arithmetrischer Mittelwert $\bar{x} = \frac{S(x)}{n}$, dabei bedeutet $S(x)$ die Summe aller n Meßwerte x_1 bis x_n

Standardabweichung (mittlere quadratische Abweichung)

$$s = \sqrt{\frac{S(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{S_{xx}}{n-1}}$$

$S_{xx} = S(x-\bar{x})^2 = S(x^2) - \frac{[S(x)]^2}{n}$ entspricht der Summe der Quadrate aller Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert. $S(x^2)$ ist gleich der Summe der Quadrate aller Einzelwerte.

Bei der Normal- und Student-Verteilung liegt üblicherweise Signifikanz dann vor, wenn mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % (genau 4,55 %) und einer Wahrscheinlichkeit von 95,45 % die Werte in einem Vertrauensintervall von $\bar{x} \pm 2\ s$ (=Streubreite) liegen.

Da Mittelwerte nur aus einer Stichprobe der unbekannten Grundgesamtheit berechnet werden, haben sie einen mittleren Fehler oder auch Stichprobenfehler, der der Standardabweichung des Mittelwertes entspricht: $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$.

Die Auswertung der Tabelle 1 wird wie folgt nach Farbton F, Sättigung S und Dunkelstufe D unterteilt wiedergegeben.

Stat. Werte	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$			s		
	F	S	D	F	S	D
PMA-Index						
0	8,19±0,15	2,0 ± 0	1,86±0,08	0,68:	0 :	0,36
1	8,32±0,12	2,43±0,1	2,07±0,05	0,61:	0,50:	0,26
2	8,43±0,09	3,17±0,11	2,1 ±0,06	0,50:	0,59:	0,31
3	8,64±0,14	3,27±0,2	2,68±0,1	0,66:	0,94:	0,48

Tab. 2a: Mittelwert $\bar{x}$ mit seiner Abweichung (Stichprobenfehler) $\pm s_{\bar{x}}$ und Standardabweichung s für Farbton F, Sättigung S und Dunkelstufe D der ermittelten Farbwerte nach DIN 6164

Stat. Werte	$\bar{x} + 2s$ bis $\bar{x} - 2s$		
	F	S	D
PMA-Index			
0	6,83 bis 9,55	2,0	1,14 bis 2,58
1	7,1 bis 9,54	1,43 bis 3,43	1,55 bis 2,59
2	7,43 bis 9,43	1,99 bis 4,35	1,48 bis 2,72
3	7,32 bis 9,96	1,39 bis 5,15	1,72 bis 3,64

Tab. 2b: Vertrauensintervall $\bar{x} \pm 2s$ für F, S und D der gemessenen DIN-Farbzahlen

Die mit .... unterstrichenen Grenzwerte, werden durch tatsächlich festgestellte Farbmaßzahlen über- bzw. unterschritten. Hier ist die Signifikanz nicht bzw. nur annähernd gegeben (5 Bereiche). Die übrigen 7 Bereiche sind bei weniger als 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

Die Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten der Farbmaßzahlen nach DIN 6164 und dem PMA-Index als Ausdruck der Stärke des Krankheitsbildes werden in den Abbildungen 8,9 und 10 graphisch mit Hilfe von Regressionsgeraden dargestellt.

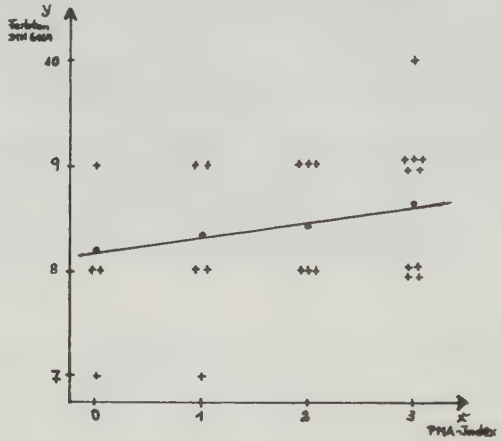

Abb. 8:
Die Beziehung zwischen PMA-Index und Farbton

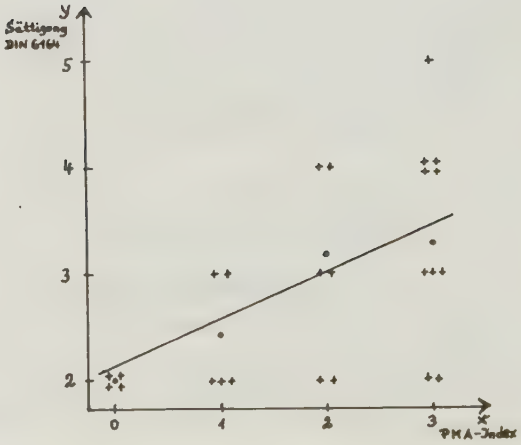

Abb. 9:
Die Beziehung zwischen PMA-Index und Sättigung

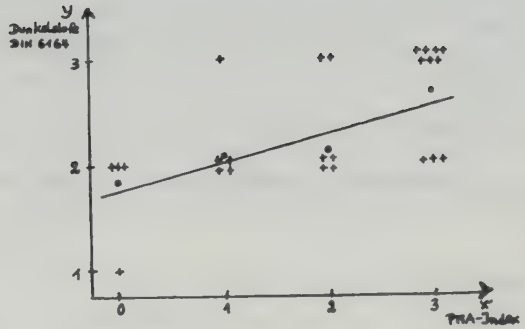

Abb. 10:
Die Beziehung zwischen PMA-Index und Dunkelstufe

Erläuterungen:

+ : Einzelwerte ohne Berücksichtigung von Häufigkeiten.

. : Mittelwert, aus Gründen der besseren Übersicht ohne Einzeichnung des mittleren Fehlers.

Wenn man die PMA-Indizes mit x und die einzelnen Werte der drei Komponenten der DIN-Maßzahlen jeweils mit y bezeichnet, lassen sich folgende Beziehungen aufstellen.

Der Regressionskoeffizient $b_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x}$ entspricht dem Steigungsmaß der Regressionsgeraden; dabei bedeutet

$S_{xy} = S(xy) - \frac{S(x) \cdot S(y)}{n}$ und $S_x = S(x^2) - \frac{[S(x)]^2}{n}$.

Der Korrelationskoeffizient $r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x \cdot S_y}}$

gibt als r^2 ein Maß für die Abhängigkeit von x und y an ($r^2 = 0$ bedeutet keine, $r^2 = 1$ eine totale Korrelation). Die Berechnung von S_y entspricht der von S_x.

Der Prüfquotient t, der Auskunft über die Signifikanz gibt, ermittelt sich aus $\frac{r}{s_r}$ mit $s_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$.

Im folgenden wird nun Farbton, Sättigung und Dunkelstufe aus Tabelle 1 jeweils gesondert bewertet.

Häufigkeiten	n:	3	11	7	2	15	11	17	13	10	10	2
Farbtonwerte	y:	7	8	9	7	8	9	8	9	8	9	10
PMA-Index	x:	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3

Tab. 3: Korrelation und Regression zwischen Farbton und PMA-Index

$S(x) = 154$ $S(x^2) = 346$ $S(x \cdot y) = 1309$

$S(y) = 848$ $S(y^2) = 7158$ $n = 101$

$S_x = 111{,}2$ $S_y = 38{,}2$ $S_{xy} = 16$

$b_{xy} = 0{,}1439$ $r = 0{,}2455$ $s_r = 0{,}0974$ $t = 2{,}5205$

Bei $\nu = n - 2 = 101 - 2 = 99$ Freiheitsgraden findet man bei der STUDENT-Verteilung (15) unter dem Prüfquotienten 2,5205 eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $0{,}01 < 2p < 0{,}02$, d.h. von 1 % bis 2 %. Da der Wert unter 5 % liegt, ist das Ergebnis statistisch signifikant.

Häufigkeiten	n:	21	16	12	3	19	8	5	8	7	2
Sättigungswerte	y:	2	2	3	2	3	4	2	3	4	5
PMA-Index	x:	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3

Tab. 4: Korrelation und Regression zwischen Sättigung und PMA-Index

$S(x) = 154$ $S(x^2) = 346$ $S(x \cdot y) = 474$

$S(y) = 277$ $S(y^2) = 821$ $n = 101$

$S_x = 111{,}2$ $S_y = 61{,}3$ $S_{xy} = 51{,}6$

$b_{xy} = 0{,}464$ $r = 0{,}625$ $s_r = 0{,}0785$ $t = 7{,}9618$

Bei 99 Freiheitsgraden ist unter den Prüfquotienten von

7,9618 die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der STUDENT-Verteilung (15) bei 2p kleiner als 0,001, d.h. 0,1 %. Das Ergebnis ist signifikant.

Häufigkeiten	n:	3	18	26	2	27	3	7	15
Dunkelstufenwerte	y:	1	2	2	3	2	3	2	3
PMA-Index	x:	0	0	1	1	2	2	3	3

Tab. 5: Korrelation und Regression zwischen Dunkelstufe und PMA-Index

$S(x) = 154$ $S(x^2) = 346$ $S(x \cdot y) = 361$

$S(y) = 219$ $S(y^2) = 495$ $n = 101$

$S_x = 111,2$ $S_y = 20,1$ $S_{xy} = 27,1$

$b_{xy} = 0,2437$ $r = 0,5732$ $s_r = 0,0824$ $t = 6,9563$

Bei diesen Prüfquotienten von 6,9563 und 99 Freiheitsgraden ist auch hier wieder die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der STUDENT-Verteilung (15) bei 2p kleiner als 0,001, d.h. 0,1 %, was wiederum Signifikanz bedeutet.

C. Beurteilung der Anwendungsbeispiele

In dem zweiten Versuchsteil wurden 6 Patienten mehrmals untersucht. Einmal vor und zwei- bis viermal nach der Zahnreinigung.

Ein Vergleich der hier festgestellten Farbwerte mit denen im "Standardprogramm" zeigt, daß keine zusätzlichen Farben aufgetreten sind. Zahnreinigung und häusliche Mundpflege bewirkten eine Tendenz zur Besserung des Gingiva-Zustandes, die im PMA-Index zum Ausdruck kam. Die Farbmaßzahlen sanken

entsprechend oder blieben gleich. In keinem Fall ergab sich bei einer Besserung des Zahnfleischzustandes eine Steigerung der Maßzahlen für Farbton, Sättigung oder Dunkelstufe. Eine Besserung konnte z.T. bereits anhand der Farbmuster festgestellt werden, während der PMA-Index noch unverändert war.

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zusammengestellt. Die Ziffern vor den Farbmaßzahlen bezeichnen die zeitliche Abfolge der Befunderhebung.

DIN 6164 \ PMA	3 = Schwellung	2 = Rötung	1 = Bluten auf Sondierung	0 = gesund
1. OK	1.) 9:3:3 2.) 8:3:3	3.) 8:3:2	4.) 8:2:2	
UK	1.) 9:4:3 2.) 9:3:3	3.) 4.) 9:3:2		
2. OK		1.) 9:3:2 2.) 8:3:2	3.) 8:2:2	
UK	1.) 9:3:2	2.) 8:3:2	3.) 8:2:2	
3. OK	1.) 10:2:3	2.) 9:2:3	3. bis 5.) 9:2:2	
UK	1.) 9:2:3	2.) 8:2:3	3.) 4.) 8:2:2	5.) 7:2:2
4. OK	1.) 9:4:2 2.) 8:4:2	3.) 8:3:2	4.) 8:2:2	
UK	1.) 8:5:3 2.) 8:4:3	3.) 8:4:2	4.) 8:3:2	
5. OK	1.) 8:4:2		2.) 3.) 8:3:2	
UK	1.) 8:3:3		2.) 8:3:2	3.) 8:2:2
6. UK		1.) 9:3:2	2.) 9:3:2	3.) 9:2:2

Tab.6: Mehrmalige Bestimmung von PMA-Index und Farbwert pro Proband.

D. Zusammenfassung der Ergebnisse

An 54 Patienten wurden im Frontzahnbereich der PMA-Index und Farbwert nach der DIN-Farbenkarte DIN 6164 ermittelt. Es ergaben sich 101 Farbwerte.

Dabei wurde festgestellt, daß mit dem Ansteigen des PMA-Index von 0 auf 3 die Menge der unterschiedlichen Farben der Gingiva größer wird.

Die Grade 0 und 1 des PMA-Index, die rein visuell gesundes Zahnfleisch darstellen, beinhalten teils gleiche, teils unterschiedliche Farbtöne. Trotz verschiedenartigem Aussehen der Gingiva zwischen den Graden 1 und 2 sowie 2 und 3 waren neben unterschiedlichen auch gleiche Farben festgestellt worden.

Mit zunehmender Schwere des Krankheitsbildes, die sich im Ansteigen des PMA-Index ausdrückt, wiesen die drei Komponenten der Farbwerte nach DIN 6164, Farbton, Sättigung und Dunkelstufe, steigende Tendenz auf. Die vermutete Korrelation zwischen PMA-Index und Einzelkomponenten der Farbzahlen erwies sich als statistisch signifikant.

Die beispielhafte Anwendung durch mehrmalige Prüfung der Farbzahlen vor und nach Zahnreinigung bei 6 Patienten (insgesamt 41 Werte) zeigte, daß im Umfang dieser Untersuchungen keine neuen Farbmuster benötigt wurden. Eine Besserung des Gingiva-Zustandes ging mit einem Absinken der Farbmaßzahlen einher.

Die vorliegenden Ergebnisse scheinen somit die Brauchbarkeit der Farbindizes nach DIN 6164 für die Beurteilung eines Zahnfleischzustandes zu bestätigen.

V. DISKUSSION

Die bisherigen Versuche, für das Gebiet der Parodontologie einen ähnlich aussagekräftigen Index zu schaffen, wie z.B. den DMF-Index von KLEIN et al. (35,36) für die Kariologie, scheinen bisher nicht zu dem erforderlichen, allseits zufriedenstellenden Erfolg geführt zu haben.

Der PMA-Index von MASSLER und SCHOUR (44), in seiner von MÜHLEMANN und MAZOR (47) modifizierten Form, der als Vergleichsindex bei den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit diente, erfordert eine subjektiv zu treffende Beurteilung. Abgesehen von diesem Nachteil halten WIEDEMANN et al. (91) den PMA-Index nur für bedingt aussagekräftig. Sie stellen fest, daß bereits eine Blutungsneigung und Rötung (d.h. Grad 1 und 2) häufig mit einer, wenn auch geringen, Schwellung verbunden sind.

Das scheinen auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu bestätigen. Die kontinuierlich verlaufenden Änderungen des Gingivazustandes werden besser durch die empfindlichen Farbabstufen der DIN-Farbenkarte, als durch das relativ grobe Raster des PMA-Index wiedergegeben.

Methoden, objektive Kriterien wie z.B. den Gingivaturgor (MIERAU et al. (45,46)) oder die Fließrate der Sulcus-Flüssigkeit (HOLM-PEDERSEN und LÖE (31)) zur Beschreibung der Gingiva zugrunde zu legen, sind für Routineuntersuchungen zu aufwendig.

Auch die photogrammetrische Bestimmung des Schwellungszustandes der Gingiva durch ZULQUAR-NAIN et al. (99) oder durch HOLM und KRAKAU (32) sind zu zeitraubend. WIEDEMANN (90) gelang es durch relativ geringen apparativen Aufwand, zumindest das Symptom "Schwellung" quantitativ zu erfassen.

Bereits 1955 versuchte ZIETZ (98), die Gingiva mittels Farbproben aus der Farbenordnung von HICKETHIER (30) zu beurteilen. Jedoch wurde damals nur eine reine Farbdeskription ohne Bezug zur klinischen Diagnostik vorgenommen. Außerdem gründet sich die Farbordnung von HICKETHIER auf Farbstoffe und nicht auf die Farbvalenzmetrik und ist somit nicht objektiv normiert.

Generell ist festzuhalten, daß ein Farbsystem, das zur Klassifizierung eines Zahnfleischzustandes dienen soll, sowohl die Forderungen von GREENE (23) und CARTER (8) an einen Index (vgl. Abschnitt II. A. 2.) als auch die von RICHTER (62,68) an ein Farbsystem (vgl. Abschnitt II. D. 1.) erfüllen sollte. Die Anwendung der DIN-Farbenkarte DIN 6164 zur Bestimmung der Gingiva scheint allen Forderungen gerecht zu werden. Insbesondere sind objektive Maßstäbe und Reproduzierbarkeit durch die DIN-Normung gewährleistet. Das System ist in seiner Darstellung anschaulich, daher schnell und einfach auch von farbmetrisch nicht geschulten Zahnärzten anwendbar. Die Farbmaßzahlen lösen auch gleichzeitig das Problem der in Wissenschaft, Technik und Umgangssprache unterschiedlichen Farbbezeichnungen (KÜPPERS (39)).

Da die DIN-Farbenkarte für "Normlichtart C" (vgl. Abschnitt II. D.1.) gekennzeichnet ist, verändern sich die Bedingungen der Gleichabständigkeit und Gleichwertigkeit der Farben um so mehr, je stärker man von "Normlichtart C" abweicht (RICHTER (65)). Sogar die Richtung des einfallenden Lichtes übt einen Einfluß auf den Farbeindruck aus (RICHTER (72)). Andererseits stellt FRIELING (18) fest, daß das Auge eine Art Konstanterhaltung des Farbeindrucks auch bei verschiedener Beleuchtung ausübt, d.h. die Farbe bleibt dabei oft im Gedächtnis konstant.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde eine definierte Lichtquelle benutzt, die eine Konstanterhaltung des Farbeindrucks gewährleistete. Die Richtung des Lichtes wurde so lange variiert, bis es blendarm eingestellt war.

Eine weitere Voraussetzung für Farbmessungen ist normales Farbsehvermögen (HICKETHIER (30)), d.h. der Beobachter muß farbennormalsichtig sein (RICHTER (72)). Das war beim Untersucher der Fall.

Hier muß allerdings die Relativität der Farbe erwähnt werden, die ALBERS (1) nach systematischen Laborversuchen belegte. Farbtäuschungen können erst nach häufigem Arbeiten mit Farbmustern, wobei das Auge vergleichen lernen soll, völlig ausgeschlossen werden. Das bedeutet, daß auch das Arbeiten mit der DIN-Farbenkarte eine gewisse Eingewöhnungszeit erfordert.

Damit wird auch deutlich, daß kein Farbsystem eine Ordnung von Farbempfindungen darbieten kann, da diese trotz Konstanz der Farbmuster zu veränderlich sind (RICHTER (65)). Denn unterschiedliche Farbempfindungen entstehen schon alleine je nach Größe der Farbmuster, je nach unmittelbarer Umgebung und je nach physiologischer bzw. psychologischer Farbstimmung (RICHTER (68)). STEFFEN (86) macht empfundene Sättigung und empfundenen Farbton von der Stärke der verschiedenen Farbempfindungen abhängig. Er macht sogar die Helligkeitsempfindung bei zunehmender Lichtintensität zugleich für die empfundene Sättigung mitverantwortlich. Aus diesen Gründen muß eine Farbordnung immer eine Ordnung von Farbvalenzen (wie DIN 6164) sein (RICHTER (68)).

ARENS (2) bezweifelt den empfindungsgemäß gleichen Abstand zweier Farben im System DIN 6164: beim Übergang von einer Sättigungs- oder auch Dunkelstufe zur anderen könne sich

der Farbton unter Umständen etwas ändern. Aber selbst RICHTER (62) erklärt, daß die DIN-Farbenkarte kein absolut gleichabständiges Farbsystem in allen Punkten des Farbenraumes darstellt, sondern daß nur eine "spezifische Gleichabständigkeit" jeweils in Richtung Farbton, Sättigung und Dunkelstufe eingehalten werden kann. Dabei stellt RICHTER (65) ebenfalls fest, daß mit zunehmender Dunkelstufe die Abstände (=Änderungen) des Farbtons und der Sättigung als immer kleiner empfunden werden. Die Abstände (=Änderungen) des Farbtons werden ebenfalls als immer kleiner empfunden, wenn die Sättigungsstufen zunehmend niedriger werden.

In den vorliegenden Untersuchungen wurde eine Zunahme der Farbmuster bei ansteigendem PMA-Index festgestellt. Das läßt den Schluß zu, daß mit zunehmender Schwere des Krankheitsbildes die Farbvariationsbreite zunimmt.

In allen benachbarten Graden des PMA-Index ergaben sich teils gleiche, teils unterschiedliche Farbmuster. Übereinstimmungen zwischen PMA-Index 0 und 1 sind naheliegend: vom rein visuellen Standpunkt betrachtet handelt es sich um gesundes Zahnfleisch, was sich eigentlich sowieso in gleichen Farbzahlen ausdrücken muß.

Allerdings sind ebenfalls gleiche Werte in Grad 1 und 2 sowie in Grad 2 und 3 aufgeführt. Das kann zu dem Schluß führen, daß solche Werte zwischen den beiden jeweiligen Indizes stehen und somit schon auf eine erforderliche zusätzliche Aufteilung des PMA-Index hinweisen. Das würde auch die im ersten Moment unverständlich erscheinenden unterschiedlichen Farben in Grad 0 und 1 erklären.

Damit ist angedeutet, daß die Einteilung des PMA-Index recht grob zu sein scheint und teilweise die fließend verlaufenden physiologischen und pathologischen Gingiva-Zu-

stände abschneidet und in das PMA-Schema preßt. Die Farbmaßzahlen geben offensichtlich eine feinere Abstufung wieder.

Das wird auch durch die Tatsache bestätigt, daß im zweiten Versuchsteil eine Besserung des Gingiva-Zustandes in einigen Fällen bereits anhand der Farbmuster festgestellt werden konnte, während der PMA-Index noch unverändert war. Interessant ist, daß im Bereich der Anwendungsbeispiele keine weiteren Farbmuster benötigt wurden, als im "Standardprogramm" ermittelt worden sind. Offensichtlich wurden bereits schon im ersten Versuchsteil relativ viele mögliche Farben der Gingiva erfaßt. Dies kann einerseits als Hinweis auf eine Reproduziermöglichkeit der Farbwerte angesehen werden, andererseits könnte auch eine Voreingenommenheit bei der Farbauswahl entgegengehalten werden.

Schon GRANDY (21) stellte anläßlich ihrer Untersuchungen über das Farbgedächtnis von Farbton, Sättigung und Dunkelstufe der DIN-Farbmuster fest, daß gesättigtere und dunklere Farben am besten behalten werden. Diese würden auch gerade den schwereren Krankheitsbildern der Gingivitis entsprechen, nach denen die Probanden im zweiten Versuchsteil ausgewählt wurden.

Eine Verfeinerung der Anwendung der DIN-Farbenkarte ließe sich dadurch erzielen, daß man die für die Gingiva festgestellten Farbmaßzahlen in Zehntelwerte unterteilt und entsprechende Farbmuster herstellt. Damit würde aber, wegen des zehnfachen Umfangs an Farbmustern, die zunehmende Genauigkeit auf Kosten der praktischen Anwendbarkeit erkauft werden. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist diese Möglichkeit allerdings denkbar. Dabei könnte man auch die Ergebnisse der Weiterentwicklung der DIN-Farbenkarte (z.B. glänzende Farbmuster, (vgl. Abschn. II. D.4.) berücksichtigen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Die Vielfalt der bisher vorliegenden Indizes zur Bestimmung des Zahnfleischzustandes weist darauf hin, daß es bisher nicht gelungen ist, einen idealen, allgemeingültigen Index aufzustellen. Bisherige Indizes basierten entweder auf subjektiver Beurteilung oder erforderten extrem hohen Aufwand an Zeit und Technik oder bezogen sich nur auf ein Symptom (z.B. Schwellung).

In der vorliegenden Arbeit wurden sowohl die gesunde als auch die entzündlich veränderte Gingiva durch den PMA-Index und die DIN-Farbenkarte DIN 6164 erfaßt.

Die ermittelten Farbmaßzahlen ergaben zusätzliche und detailliertere Abstufungen der Krankheitsbilder als der PMA-Index. Die zahlenmäßige Wiedergabe der einzelnen Farbkomponenten Farbton, Sättigung und Dunkelstufe entsprach dem Zustand der Gingiva und damit dem PMA-Index. Eine starke Entzündung ergab hohe Zahlenwerte, die nach Zahnreinigung und einer Besserung des Zustandes eine sinkende Tendenz aufwiesen. Die Korrelation zwischen Schwere des Krankheitsbildes (entsprechend dem PMA-Index) und den Einzelkomponenten der Farbmaßzahlen war statistisch signifikant.

Da die DIN-Farbenkarte normiert ist, auf den mathematischen Grundlagen der Farbmetrik basiert und die Genauigkeit der Farbmuster amtlich überwacht wird, ist ein objektiver Maßstab und eine Reproduzierbarkeit gewährleistet. Die Farbmuster sind anschaulich und bieten eine rasche und praktische Anwendungsmöglichkeit für Zahnarzt und Hilfspersonal. Für die Zukunft sind noch einfachere und präzisere Anwendungsmethoden im Zuge der begonnenen Weiterentwicklung der DIN-Farbenkarte denkbar.

Herrn Privatdozent Dr. med. dent. W. Wiedemann darf ich für die freundliche Überlassung des Themas und seine wertvollen Hinweise bei der Ausarbeitung der Arbeit herzlich danken.

Herrn Professor Dr. med. dent. W. Kühl spreche ich meinen Dank aus für die Übernahme des Korreferats.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

(1) ALBERS, J.:
Interaction of color (Die Wechselbeziehungen der Farbe).
Keller-Verlag, Starnberg, 1973

(2) ARENS, H.:
Farbmetrik. (Monographien aus dem Gesamtbereich der wissenschaftlichen Photographie, Bd. 1)
Akademie-Verlag, Berlin, 1959

(3) BAUMANN, P., PRASE, O.:
Baumanns neue Farbenkarte, System Prase.
Aue (Sa.), 1912
(zit. aus RICHTER (68))

(4) BELTING, C.M.:
A review of the epidemiology of periodontal disease.
J. Periodont. 28, 37 (1957)

(5) BERGER, A., BROCKES, A.:
Prüfung der Gleichabständigkeit zur Vornorm DIN 6164 (DIN-Farbenkarte).
Die Farbe 13, 167 (1964)

(6) BIESALSKI, E.:
Pflanzenfarben-Atlas mit Farbzeichen nach DIN 6164.
Musterschmidt-Verlag, Göttingen, 1957

(7) BUDDE, W., KUNDT, H.E., WYSZECKI, G.:
Überführung der Farbmaßzahlen nach dem Farbsystem DIN 6164 in Munsell-Maßzahlen und umgekehrt.
Die Farbe 4, 83 (1955)

(8) CARTER, H.G., BARNES, G.P.:
The gingival bleeding index.
J. Periodont. 45, 801 (1974)

(9) COWELL, C.R., SAXTON, C.A., SHEILHAM, A., WAGG, B.J.:
Testing therapeutic measures for controlling chronic gingivitis in man: A suggestic protocoll.
J. clin. Periodont. 2, 231 (1975)

(10) DAVIES, G.N., KRUGER, B.J., HOMAN, B.T.:
An epidemiological training course.
Aust. dent. J. 12, 17 (1967)

(11) DELBOEUF, J.:
Recherches théoriques et expérimentales sur des sensations de lumière et de fatigue.
Bull. Acad. Roy. Belge 34, 251 (1872)
(zit. aus RICHTER (68))

(12) DEUTSCHE NORMEN:
DIN 5033: Farbmessung, Bl. 1-9 (1954 ff)

(13) DEUTSCHE NORMEN:
Vornorm DIN 6164: DIN-Farbenkarte, Bl. 1-2 mit Beibl. 1-25 (Farbmuster) (1958-1962)

(14) DIN 6164: DIN-Farbenkarte (Entwurf).
Die Farbe 1, 147 (1952/53)

(15) DOCUMENTA GEIGY:
Wissenschaftliche Tabellen.
I.R. Geigy AG, 7. Auflage, Basel, 1968

(16) DÜRING, G.:
Technische Arbeiten zur Herstellung der DIN-Farbenkarte mit glänzenden Mustern. Sonderdruck.
Vortrag auf der internationalen FARBINFO, Köln, 1978

(17) FRANKE, H.:
Manuskript und Vortrag.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1967

(18) FRIELING, H.:
Das Gesetz der Farbe.
Musterschmidt-Verlag, Göttingen, Zürich, 1968

(19) FRIESER, H.:
Die Graßmannschen Gesetze.
Die Farbe 2, 91 (1953)

(20) GÖRSDORF, K.:
Der Umgang mit Farben im Rahmen der ärztlichen Tätigkeit.
Med. Mschr. 12. Jg., Heft 2, 103 (1958)

(21) GRANDY, J.:
Untersuchungen über das Farbgedächtnis an der DIN-Farbenkarte bei normal farbentüchtigen Versuchspersonen.
Diss., Heidelberg, 1974

(22) GRASSMANN, H.:
Zur Theorie der Farbenmischung.
Ann. Physik 89, 69 (1853)
(zit. aus RICHTER (68))

(23) GREENE, J.C.:
Epidemiology and indexing of periodontal disease.
J. Periodont. 30, 133 (1959)

(24) GREENE, J.C., VERMILLION, J.R.:
The oral hygiene index: a method for classifying oral hygiene status.
J. Amer. dent. Ass. 61, 171 (1960)

(25) GRIESSER, R.:
Die Berechnung der DIN-Maßzahlen T:S:D (DIN 6164) mit Hilfe des Computers.
Die Farbe 20, 73 (1971)

(26) HALLERT, K.B.P.:
Photogrammetry in medicine.
Photogrammetria 20, 81 (1965)

(27) HAZEN, S.P.:
Indices for the measurement of gingival inflammation in clinical studies of oral hygiene and periodontal disease.
J. Periodontal Res. 9, Suppl. 14, 61 (1974)

(28) HEIDE, E.:
Eine Methode zur Bestimmung der farbartgleichen Optimalfarbe und ihres Hellbezugswertes.
Die Farbe 17, 119 (1968)

(29) HEIMENDAHL, E.:
Licht und Farbe. Ordnung und Funktion der Farbwelt.
Walter de Gruyter, Berlin, 1961

(30) HICKETHIER, E.A.:
Die große Farbenordnung.
Hrsg. S. Rösch, O. Maier Verlag, Ravensburg, 1972

(31) HOLM-PEDERSEN, P., LÖE, H.:
Flow of gingival exsudate as related to menstruation and pregnacy.
J. Periodontal Res. 2, 13 (1975)

(32) HOLM, O., KRAKAU, C.E.T., LINDHE, J., WALLENIUS, K.:
A photogrammetric method for the assessment of the volume changes of the gingival margin.
Odont. Rev. 18, 7 (1967)

(33) JACKSON, D.:
The efficacy of 2 percent sodium ricinoleate in toothpast to reduce gingival inflammation.
Brit. Dent. J. 112, 487 (1962)

(34) KING, J.D.:
Gingival disease in Dundee.
Dent. Rec. 65, 9, 32, 55 (1945)

(35) KLEIN, H., PALMER, C.E.:
Studies on dental caries. X. A procedure for the recording and statistical processing of dental examination findings.
J. Dent. Res. 19, 243 (1940)

(36) KLEIN, H., PALMER, C.E., KNUTSON, J.:
Studies on dental caries. I. Dental status and dental needs of elementary school children.
U.S. Public Health Rep. 53, 751 (1938)

(37) KLUGHARDT, A.:
Untersuchungen über eine gleichabständige Graureihe.
Z. Sinnesphysiol. 67, 69 (1936)
(zit. aus RICHTER (62))

(38) KÜPPERS, H.:
Die Logik der Farbe. Theoretische Grundlagen der Farbenlehre.
Callwey, München, 1976

(39) KÜPPERS, H.:
Farbe, Ursprung, Systematik, Anwendung.
Callwey, München, 1972

(40) LEMIRE, P.A., BURK, B.:
Farbe und Zahnersatz.
Die Quintessenz, Berlin, 1979

(41) LÖE, H., SILNESS, J.:
Periodontal disease in pregnacy. I. Prevalence and severity.
Acta odont. scand. 21, 533 (1963)

(42) LUTHER, R.:
Aus dem Gebiet der Farbreizmetrik.
Z. techn. Physik 8, 540 (1927)
(zit. aus RICHTER (68))

(43) MASSLER, M., ROSENBERG, H.M., CARTERS, W., SCHOUR, I.:
Gingivitis in young adult males. Lack of effectiveness of a permissive program of toothbrushing.
J. Periodont. 28, 111 (1957)

(44) MASSLER, M., SCHOUR, I.:
The PMA-Index of gingivitis.
J. Dent. Res. 28, 634 (1949)

(45) MIERAU, H.-D., KRÄUTLER, M.:
Der Gingivaturgor unter physiologischen Verhältnissen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 862 (1974)

(46) MIERAU, H.-D., MÄRTIRER, F., ZESEWITZ, H.:
Turgormetrische Untersuchungen am parodontalen Weichgewebe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 249 (1974)

(47) MÜHLEMANN, H.R., MAZOR, Z.S.:
Gingivitis in Zurich school children.
Helv. odont. Acta 2, 3 (1958)

(48) MÜHLEMANN, H.R., SON, S.:
Gingival sulcus bleeding - a leading symptom in initial gingivitis.
Helv. odont. Acta 15, 107 (1971)

(49) MUNSELL, A.H.:
Book of color, Baltimore, 1929
(zit. aus RICHTER (69))

(50) MUTSCHELKNAUS, R.:
Das marginale Parodontium.
Carl Hanser Verlag, München, 1968

(51) NEWHALL, S.M., NICKERSON, D., JUDD, D.B.:
Final report of the O.S.A. subcommittee on the spacing of Munsell colors.
J. opt. Soc. Amer. 33, 385 (1943)

(52) NIENSTEDT, M.:
Zur Anordnung der Farbtöne nach ihrer Eindruckswirkung: Norm und individuelle Abweichungen, untersucht an 12 Farben des Vollfarbenkreises.
Diss., Münster, 1975

(53) NYBERG, N.D.:
(Mathematische Grundlagen der Aufgabe, einen Farbkörper zu konstruieren. Russ.) Federov, N.T., (Der gegenwärtige Stand der Farbmessung. Russ.), 169, Moskau/Leningrad, 1933
(zit. aus RICHTER (68))

(54) OSTWALD, W.:
Kleine Farbmeßtafel.
Musterschmidt-Verlag, Göttingen, 1939
(zit. aus HICKETHIER (30))

(55) OSTWALD, W.:
Physikalische Farbenlehre.
Unesma, 2. Aufl., Leipzig, 1923
(zit. aus FRIELING (18))

(56) QUACK, F.:
Die Herstellung der Aufstrichfarben für die DIN-Farbenkarte DIN 6164.
Die Farbe 10, 305 (1961)

(57) QUIGLEY, G.A., HEIN, J.W.:
Comparative cleansing efficiency of manual und power brushing.
J. Amer. dent. Ass. 65, 26 (1962)

(58) REUTHER, R.:
Die Anwendung der DIN-Farbenkarte in der Farbenphotographie.
Die Farbe 1 (1952/53)

(59) RICHTER, K.:
Computer-Berechnung der Farbmaßzahlen nach DIN 6164.
Die Farbe 20, 63 (1971)

(60) RICHTER, K.:
Programmierung farbmetrischer Berechnungen.
Tag.-Ber. Intern. Farbtagung Luzern, 1965
Musterschmidt-Verlag, Göttingen, 1966

(61) RICHTER, M.:
Das DIN-Farbsystem als Grundlage für die Festlegung von Farbgrenzen und Farbtoleranzen.
Congrès FATIPEC III, Livre du Congrès 311, Spa, 1955

(62) RICHTER, M.:
Das System der DIN-Farbenkarte (Zum Entwurf DIN 6164).
Die Farbe 1, 85 (1952/53)

(63) RICHTER, M.:
Die Ausführungsform der DIN-Farbenkarte.
Die Farbe 1, 122 (1952/53)

(64) RICHTER, M.:
Die Beziehungen zwischen den Farbmaßzahlen nach DIN 6164 und den Ostwald-Maßzahlen.
Die Farbe 6, 49 (1957)

(65) RICHTER, M.:
Die Deutsche Farbenkarte DIN 6164.
Sonderdruck des Autors, 1970

(66) RICHTER, M.:
Die DIN-Farbenkarte. Ein Hilfsmittel zur Verständigung über Farben.
DIN-Mitteilungen, Bd.32, 33 (1953)

(67) RICHTER, M.:
Eine Rechenscheibe zur Bestimmung der Dunkelstufe.
Die Farbe 13, 157 (1964)

(68) RICHTER, M.:
Einführung in die Farbmetrik.
Walter de Gruyter, Berlin u.a., 1976

(69) RICHTER, M.:
Farbmetrik; in Bergmann-Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. III (Optik), Hrsg. H. Gobrecht, Walter de Gruyter, 2. Aufl., Berlin, New York, 1978

(70) RICHTER, M.:
Grenzmuster-Tafeln auf der Grundlage des Farbensystems der DIN-Farbenkarte.
Die Farbe 3, 157 (1954)

(71) RICHTER, M.:
Hilfsmittel zur Berechnung des Farbabstandes.
Die Farbe 11, 291 (1962)

(72) RICHTER, M.:
Kennzeichnung von Farben durch Messen oder Farbsysteme.
Sonderdruck aus VDI-Zeitschr., Bd.98, 761 (1956)

(73) RICHTER, M.:
Über die Umrechnung zwischen Farbsystemen.
Die Farbe 4, 79 (1955)

(74) RICHTER, M.:
Über Entstehung, Aufbau und Anwendung der DIN-Farbenkarte DIN 6164.
DIN-Mitteilungen, Bd.42, 269 (1963)

(75) RICHTER, M.:
Untersuchungen zur Aufstellung eines empfindungsgemäß gleichabständigen Farbsystems.
Z. wiss. Photogr. 45, 139 (1950)

(76) RICHTER, M.:
Verfeinerte Bestimmung der Farbmaßzahlen im Farbsystem DIN 6164.
Die Farbe 10, 263 (1961)

(77) RICHTER, M.:
Wesen und Bedeutung des Farbvalenz-Begriffes.
Die Farbe 3, 49 (1954)

(78) RIDGWAY, R.:
Color standards and color nomenclature.
Washington, 1912
(zit. aus RICHTER (72))

(79) RÖSCH, S.:
Die Kennzeichnung der Farben.
Physik. Z. 29, 88 (1928)
(zit. aus RICHTER (68))

(80) RÖSCH, S.:
Farbe und Farbphotographie als Forschungshilfsmittel.
Bildmessung und Luftbildwesen, 37, 75 (1969)

(81) RUSSEL, A.L.:
A system of classification and scoring for prevalence surveys of periodontal disease.
J. dent. Res. 35, 350 (1956)

(82) SCHRÖDINGER, E.:
Grundlinien einer Theorie der Farbenmetrik im Tagessehen.
Ann. Physik (IV) 63, 397 u. 489 (1920)
(zit. aus RICHTER (69))

(83) SCHULTZE, W.:
Farbenlehre und -messung.
Springer-Verlag, Berlin, 1957

(84) SINDERMANN, W.:
Transformationen zwischen dem Normvalenzsystem und dem Farbsystem DIN 6164 und dessen anschauliche Darstellung.
Diss., Berlin, 1975

(85) SMITH, L.W., SUOMI, J.D., GREENE, J.C., BARBANO, J.P.:
A study of intraexaminervariation in scoring oral hygiene status, gingival inflammation and epithelial attachment level.
J. Periodont. 41, 671 (1970)

(86) STEFFEN, D.:
Untersuchungen zur Theorie des Farbensehens.
Diss., Münster, 1953

(87) VOGELS, A.L.M., PLASSCHAERT, A.J.M., KÖNIG, K.G.:
Eine vergleichende Untersuchung von drei planimetrischen Plaquebewertungsmethoden.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 412 (1975)

(88) WEISE, H.:
Die Ermittlung der Farbenkennzeichnung nach der DIN-Farbenkarte (DIN 6164) aus den Normfarbwerten und umgekehrt.
Die Farbe 4, 89 (1955)

(89) WEISE, H.:
Farbtoleranzen und DIN-Farbenkarte.
Die Farbe 1 (1952/53)

(90) WIEDEMANN, W.:
Vergleichende klinische und photogrammetrische Untersuchungen der experimentell entzündeten Gingiva.
Habilitationsschrift, Würzburg, 1979

(91) WIEDEMANN, W., LAHRSOW, J., NAUJOKS, R.:
Photogrammetrische Vergleichsuntersuchungen über einen Parodontalindex.
Dtsch. zahnärztl. Z.34, 10 (1979)

(92) WITT, K.:
Beziehung zwischen der Kennzeichnung von Farbarten im Farbsystem DIN 6164 und der im Normvalenzsystem.
farbe und lack, 85.Jg., 459 (1979)

(93) WITT, K.:
Möglichkeiten zur Festlegung des Farbsystems DIN 6164 für NL D 65.
Color 77, 401, Adam Hilger, Bristol, 1978
(zit. aus WITT (94))

(94) WITT, K.:
Zur bevorstehenden Neuausgabe der DIN-Farbenkarte.
DIN-Mitt., Bd.57, 224 (1978)

(95) WITT, K., DÖRING, G., OTTO, P.:
DIN-Farbenkarte mit glänzenden Farbmustern.
defazet 32, Nr. 10, 401 (1978)

(96) WYSZECKI, G.:
Farbsysteme.
Musterschmidt-Verlag, Göttingen, 1960

(97) WYSZECKI, G.:
Soll-Farbe und zugehörige Grenzfarben.
Die Farbe 3, 151 (1954)

(98) ZIETZ, U.:
Entwicklung einer Farbskala für die rote Farbe der Mundhöhle, insbes. der Gingiva.
Diss., Berlin, 1955

(99) ZULQUAR-NAIN, J., BURGESS, G., ZANDER, H.A.:
Photogrammetry.
J. Periodont. 38, 677 (1967)

LEBENSLAUF

Am 25. Juli 1948 wurde ich, Klaus Kinzl, als Sohn des Technikers Julius Kinzl und seiner Ehefrau Edith, geb. Ziegler, in Solingen geboren.

Von April 1955 bis März 1959 besuchte ich die Gemeinschaftsschule Fürk in Solingen, daraufhin ebenfalls in Solingen das Humboldtgymnasium, auf dem ich 1967 das Abitur ablegte.

An den Universitäten Köln und Bochum studierte ich ab April 1968 Betriebs- und Volkswirtschaftslehre sowie Rechts- und Sozialwissenschaften. Im Oktober 1972 erwarb ich den akademischen Grad des Diplom-Ökonoms.

Von Februar 1973 bis Oktober 1974 war ich als Angestellter in einer Wirtschaftsprüfungs- und Steuerberatungsgesellschaft in Düsseldorf mit der Erstellung und Prüfung von Bilanzen nach wirtschaftsrechtlichen Grundsätzen betraut.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im November 1974 an der Universität Würzburg und schloß es im Dezember 1979 mit dem Staatsexamen ab. Die Approbation erhielt ich im Januar 1980.

Seit Mai 1980 bin ich als angestellter Zahnarzt in einer freien Praxis in Bad Kissingen tätig.

K. Kinzl

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80